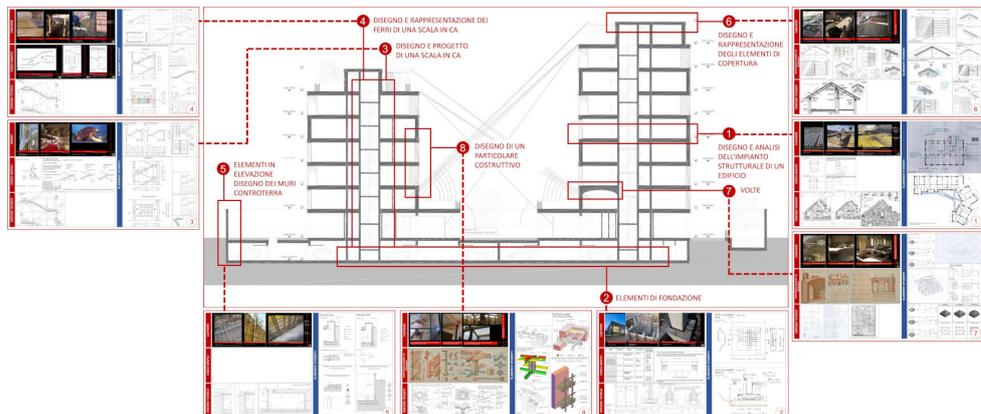
# Didattica per il disegno degli elementi costruttivi di opere civili ed edili

Giorgio Garzino
Maurizio Marco Bocconcino
Mariapaola Vozzola

*Abstract*

Il disegno rappresenta il linguaggio principale che il cantiere conosce per la comunicazione del progetto durante tutte le fasi di realizzazione e per la collaborazione tra tutti gli attori coinvolti nel processo di realizzazione. Risulta quindi fondamentale garantire all'interno del corso di studi degli ingegneri e degli architetti una formazione che metta in relazione la complessità del costruire attraverso il linguaggio delle discipline della rappresentazione. Il contributo articola i temi affrontati all'interno dell'insegnamento *Disegno di elementi costruttivi di opere civili*, rivolto ad allievi ingegneri e architetti all'ultimo anno della laurea di primo livello. La conoscenza dei sistemi costruttivi viene esplorata mediante un percorso didattico di tipo specialistico. Gli studenti si misurano su temi afferenti ad ambiti pluridisciplinari attraverso un percorso metodologico che affianca a lezioni teoriche, dove vengono presentate opere realizzate di particolare interesse ingegneristico, esercitazioni pratiche, volte a sviluppare l'intuizione consapevole dell'allievo, e sopralluoghi/visite in cantiere, al fine di connettere tutti i dati di progetto e visualizzare le opere durante le diverse fasi di realizzazione. Il disegno, all'interno di questo contesto, diviene supporto di conoscenza che innesca transizioni dalla prefigurazione dei manufatti e dalla comunicazione del progetto alla costruzione e alla messa in opera dei sistemi edilizi.

*Parole chiave*
Disegno elementi costruttivi, disegno di progetto, linguaggio grafico, codici grafici, didattica per il disegno

Flusso di lavoro per le esercitazioni degli studenti. Elaborazione grafica degli autori.



doi.org/10.3280/oa-1016-c354

"La fantasia progettistica è impotente se non si accorda con le esigenze della tecnica, della statica, dell'economia, della funzionalità o se viene menomata dalla insufficienza esecutiva, o annullata dalla incomprensione del committente".
[Pier Luigi Nervi 2010, p. 23]

## Introduzione

'Costruire' è il compendio e l'espressione di capacità e di competenze variegate; esso mette insieme il lavoro manuale con l'organizzazione del cantiere, le teorie tecniche e scientifiche con la sensibilità strutturale, funzionale e decorativa, interessi sociali con interessi ambientali ed economici. "Rivedere criticamente i programmi e i modi dell'insegnamento universitario per ottenere una più efficiente preparazione di progettisti e tecnici edilizi" [Nervi 1965, p. 1] è la pratica costante dei docenti di tutte le aree disciplinari che in particolare si rivolgono ad allievi ingegneri e architetti che saranno impegnati nel campo delle costruzioni.
L'insegnamento *Disegno di elementi costruttivi di opere civili* è stato pensato dalla professoressa Giuseppa Novello e proposto al collegio dei docenti di Ingegneria Civile del Politecnico di Torino, aperto a tutti i corsi di Ingegneria e di Architettura, entrando nell'ordinamento dei piani di studio nel secondo periodo didattico dell'anno accademico 2019/2020, in piena emergenza pandemica e didattica interamente tenuta a distanza. Questo aspetto ha inizialmente limitato il carattere dell'insegnamento volto a corroborare il linguaggio grafico della progettazione esecutiva con esperienze dirette di visita a cantieri e lavori per opere civili ed edili. Fino all'A.A. 2021/2022 è stato tenuto da Giorgio Garzino e Mariapaola Vozzola con Maurizio Marco Bocconcino per le esercitazioni. Si riporta un estratto della proposta di Pina Novello al collegio, successivamente assunta dal titolare come programma dell'insegnamento: L'insegnamento ha come finalità prevalente quella di fornire agli allievi dell'ultimo anno del corso di laurea di primo livello un'occasione di approccio conoscitivo in merito ai principali sistemi costruttivi, attuali e del passato, delle costruzioni e delle opere civili. Gli elementi, ricorrenti e inerenti i diversi ambiti dell'ingegneria delle costruzioni vengono esplorati seguendo un percorso didattico di natura innovativa (lezioni-visite alle opere-esercitazioni) progettato per raccordare e armonizzare le diverse specifiche istanze disciplinari e di settore, attraverso il linguaggio delle discipline della rappresentazione. L'assunto è che i saperi metodologici propri della formazione dell'ingegnere costruttore trovino riscontro nella dimensione applicativa e operativa delle realizzazioni, tramite l'analisi comparativa di alcune soluzioni progettuali alternative.
L'insegnamento si prefigge di dotare gli allievi di alcune conoscenze e competenze utili alla comprensione del rapporto teoria-pratica che caratterizza il fare ingegneristico. Si vuole innescare un processo di attenzione nei riguardi della complessità dell'azione costruttiva e manutentiva. A tale riguardo il corso intende formare gli allievi secondo un approccio di ampio respiro ove i saperi analitici quantitativi si coniugano con quelli analogici qualitativi. Il tutto nell'ottica della operatività del cantiere, ove la rappresentazione ha il compito non solo di prefigurare quello che sarà l'oggetto costruito ma anche di indicare come procedere per costruirlo in termini di progettazione operativa e di dettaglio.
I temi sono affrontati in termini di analisi di elaborati grafici dedotti da documentazioni prodotte per la costruzione, con attenzione tanto alle pratiche realizzative e costruttive per le nuove opere quanto agli interventi e ai lavori di manutenzione e ripristino. Il disegno, nelle sue pratiche tradizionali e innovative, si propone quale elemento funzionale per favorire l'articolato rapporto tra le discipline ingegneristiche improntate ad un approccio analitico e quantitativo e l'indispensabile traduzione dei risultati di tale processo in termini di istruzioni operative anche per le maestranze: sapere, saper fare, saper collaborare.

## Il disegno come linguaggio per il cantiere

Le attività proposte agli allievi rappresentano una fusione tra più discipline, le quali ammettono come denominatore comune il disegno e la rappresentazione, nella loro accezione più alta. Gli studenti si misurano su temi afferenti ad ambiti interdisciplinari, propri sia della

progettazione architettonica (con particolare attenzione alle relazioni con il contesto fisico, ai caratteri morfologici e tipologici, ai materiali e agli aspetti costruttivi e tecnologici), sia della progettazione strutturale, presentata attraverso l'applicazione di principi strutturali elementari, senza l'introduzione di regole matematiche o teoremi scientifici, ma rappresentate e progettate secondo il funzionamento delle strutture stesse. I temi trattati sono presentati sempre ponendo l'attenzione sul disegno e la rappresentazione degli elementi costituenti, ponendo le proprie radici nell'assunto secondo il quale una corretta rappresentazione si può costruire solo sulla base di una profonda e completa padronanza della genesi e dei processi costruttivi.
La struttura organizzativa del corso mira ad integrare non solo i saperi propri del contesto conoscitivo legati all'ambito strettamente progettuale, ma al fine di rappresentare correttamente i contenuti di quello che può essere definito progetto di cantiere, quindi attraverso i disegni di elementi costruttivi, si rivela la necessità di una formulazione aggiuntiva legata all'attività di programmazione dei lavori, che consiste nella conoscenza delle fasi operative tipiche delle lavorazioni, che devono essere indicate, in modo integrato, all'interno delle elaborazioni grafiche e descritte all'interno delle tavole di progetto. All'interno di questo contesto risulta quindi fondamentale la programmazione di visite in cantiere e la presentazione in classe di report fotografici dettagliati sulle diverse fasi di cantiere (fig. 1).
I disegni sono il solo linguaggio che il cantiere pratica [Garzino 2009, p. 65], occorre quindi che gli studenti della Facoltà di Ingegneria siano in grado di redigere elaborati che raccolgano al loro interno tutti i saperi della costruzione stessa. Per questo motivo all'interno del percorso di conoscenza proposto, affiancate alle lezioni teoriche, sono state proposte esercitazioni pratiche volte a sviluppare il concetto antico e aristotelico di *tèchne*, in quanto fare insieme pratico e concettuale. Il tema del disegno di progetto e di conseguenza del disegno del costruire è quello della dimensione poietica, in quanto rappresentazione di ciò che è possibile produrre: dal punto di vista produttivo si tratta quindi di rappresentare un mondo concretamente possibile che diventa visibile con il disegno progettuale. Dalla presentazione di progetti realizzati dai grandi progettisti strutturali del secolo scorso, tra i quali Pier Luigi Nervi, Riccardo Morandi, Sergio Musmeci e Silvano Zorzi, viene perseguito uno dei principali obiettivi formativi dei progettisti di oggi, ovvero il potenziamento dell''intuizione strutturale'. Sulla scorta di quanto aveva affermato già Pier Luigi Nervi, l'intuizione consapevole segue un percorso di approfondimento scientifico – metodologico – rappresentativo, adeguato alla rappresentazione della complessità del problema.
La consapevolezza derivata dall'intuizione deve avere origine dal legame tra la storia dell'architettura, come fonte di conoscenza e di metodo, ma anche dall'analisi e dalla conoscenza di dati scientifici noti e caratterizzanti, che devono essere sintetizzati e gerarchizzati attraverso

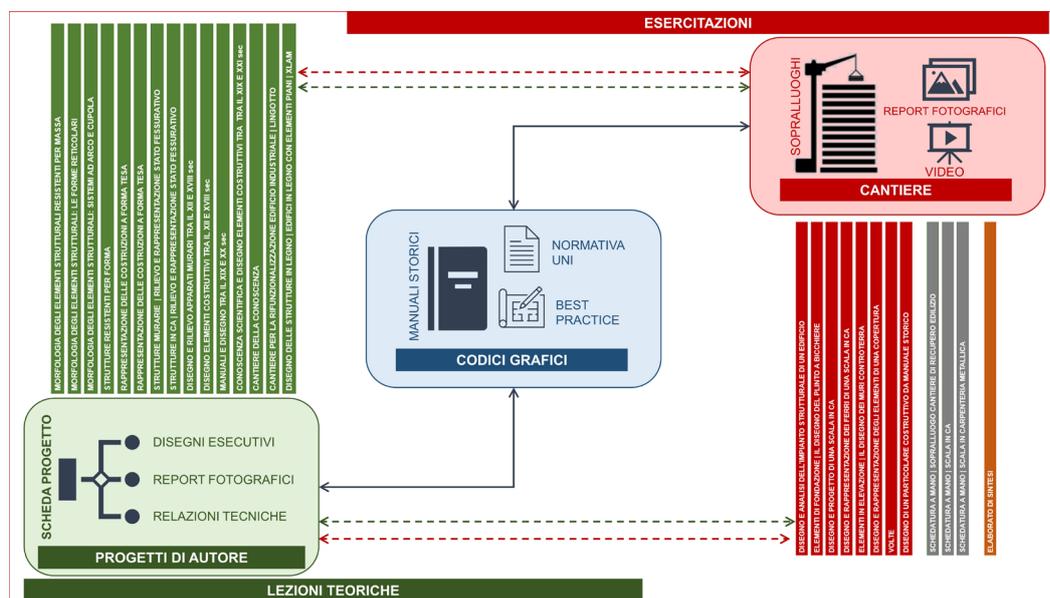



Fig. 1. Struttura organizzativa dei contenuti del corso. Elaborazione grafica degli autori.

la sensibilità del professionista, che combina il linguaggio analitico semplice alla statica grafica tradizionale. Non si può evitare di notare, come oggi, il facile accesso alle tecnologie digitali di simulazione e agli strumenti di calcolo e di verifica, abbia avuto il sopravvento a discapito dell'analisi e dell'intuizione, accelerando la frammentazione delle fasi di ideazione e di controllo dei progetti complessi contemporanei.
L'impostazione metodologica è per questo motivo fortemente orientata in senso applicativo, secondo un atteggiamento volto a promuovere un metodo di apprendimento attivo e partecipato, l'utilizzo di *flipped classroom* e dibattiti tra pari, divengono modalità di organizzazione e gestione delle lezioni. L'organizzazione del corso si sviluppa, quindi, attraverso diverse articolazioni e diverse modalità di partecipazione dello studente.
Le lezioni teoriche guidano gli studenti all'interno di un percorso strutturato attraverso la presentazione di opere realizzate di particolare interesse ingegneristico, attraverso le testimonianze e i disegni dei loro progettisti [Annunziata 2016], che diventano esemplificazione dei principi strutturali e architettonici applicati, focalizzando la comunicazione del progetto attraverso la sua rappresentazione e il suo disegno esecutivo.
Le esercitazioni, invece, sono proposte secondo un principio di scomposizione dell'organismo edilizio e seguendo una strutturazione gerarchica degli elementi che lo costituiscono, al fine di permettere allo studente di ripercorrere un ideale processo di realizzazione. All'interno delle esercitazioni non verranno proposti tutti i componenti architettonici/strutturali, ma per necessità organizzative legate alle tempistiche di svolgimento del corso, ne sono state selezionate le parti ritenute più significative e caratterizzanti. I manufatti vengono presentati mediante una lettura critica dei disegni di progetto e una disamina delle fasi di cantierizzazione e di realizzazione, per comprendere l'effettivo legame tra elemento costruttivo disegnato e realizzato (fig. 2).
Attraverso la presentazione di casi studio, sopralluoghi in cantiere, lettura della normativa di riferimento e di disegni di progetto o disegni reperiti da manuali storici, sono state sviluppate 9 esercitazioni: 8 esercitazioni da svolgere e consegnare durante il corso, con cadenza bisettimanale, e una esercitazione più articolata, da consegnare come elaborato finale. Per tutte le esercitazioni proposte, la scelta della tecnica di rappresentazione da utilizzare per rappresentare gli elaborati grafici viene demandata alla formazione e alle predisposizioni dello studente: l'utilizzo o meno di tecniche digitali, innovative o consolidate, non diviene strumento di valutazione, poiché uno degli obiettivi del corso è quello di riaffermata la centralità del disegno in quanto tale, indipendentemente dalle tecniche utilizzate. Le esercitazioni hanno il compito di stimolare e formare le capacità di comprendere e conseguentemente di rappresentare con procedimenti esatti, ogni forma di elemento costituente l'artefatto architettonico: il disegno, in quanto rappresentazione, è sempre il risultato di un processo regolato da un livello di convenzione grafica e disciplinato da norme univoche e decodificabili.

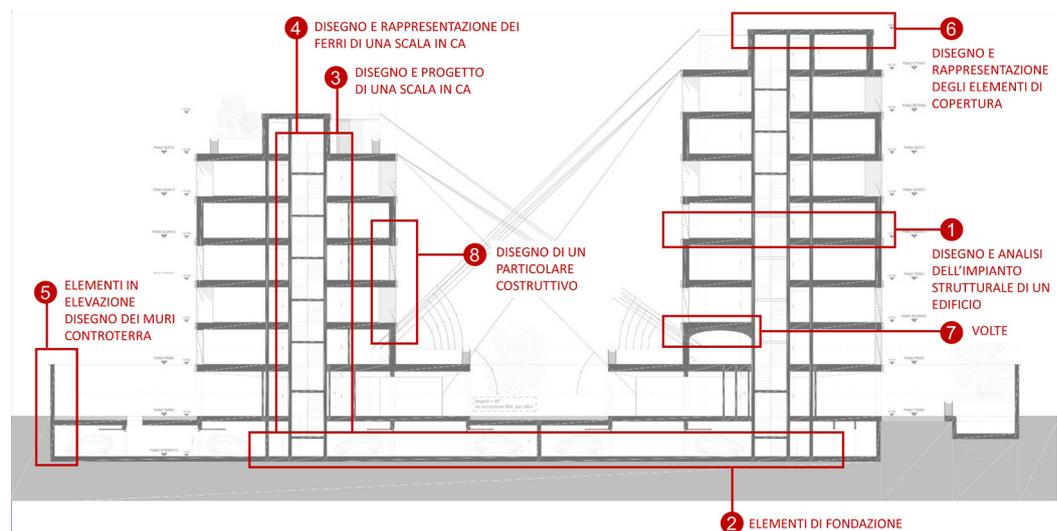



Fig. 2. Individuazione dei temi delle esercitazioni (sezione di ARW associati <https://arw-associates.com/portfolio/residenze-r4-r5/>). Elaborazione grafica degli autori.

## Il disegno degli elementi costruttivi come transizione tra rappresentazione del progetto e opera realizzata

I casi esemplificativi proposti in queste pagine rappresentano un campione dei temi sviluppati nel corso e hanno lo scopo di proporre un metodo di lavoro e un approccio ai problemi. Il percorso proposto ha come obiettivo quello di comprendere tutte le relazioni che intercorrono tra progettazione e opere realizzate e in particolare tra disegno di progetto e architettura, mettendo in luce come, la rappresentazione del progetto "innesca transizioni nella prefigurazione e nella comunicazione del progetto" [UID 2023, Call].

- Disegno e analisi dell'impianto strutturale di un edificio. Oggetto dell'esercitazione è la lettura critica dell'impianto strutturale di alcuni edifici e la rappresentazione dello schema strutturale della pianta assegnata, attraverso l'individuazione e la designazione degli elementi strutturali principali (fig. 3).
- Elementi di fondazione: il disegno del plinto a bicchiere. Oggetto dell'esercitazione è l'analisi di disegni esecutivi di opere di fondazione prefabbricata e la rappresentazione degli elementi caratterizzanti di collegamento tra le strutture da realizzare in opera e le strutture prefabbricate (fig. 4).
- Disegno e progetto di una scala in c.a. Oggetto dell'esercitazione è il disegno di una scala di utilizzo pubblico, relativa a un piano intermedio (fig. 5).
- Disegno e rappresentazione dei ferri di una scala in c.a. Oggetto dell'esercitazione è il disegno dei ferri di un utilizzo pubblico, relativo a un piano intermedio (fig. 6).
- Elementi in elevazione: il disegno dei muri controterra. Oggetto dell'esercitazione è il disegno di un muro controterra, ovvero lo studio e la rappresentazione dei casseri relativi alle opere in calcestruzzo armato (fig. 7).
- Disegno e rappresentazione degli elementi di una copertura: tetto alla piemontese e alla lombarda. L'esercitazione ha l'obiettivo di rappresentare gli elementi che costituiscono una copertura tradizionale, l'allievo potrà scegliere tra la copertura alla piemontese e la copertura alla lombarda (fig. 8).
- Volte. L'oggetto dell'esercitazione nasce dall'osservazione di diverse tipologie di sistemi costruttivi a volta: attraverso la lettura di manuali, immagini di cantiere e sopralluoghi (fig. 9).
- Disegno di un particolare costruttivo da manuale storico. L'esercitazione ha come obiettivo la volontà di rappresentare un particolare costruttivo dalla analisi e l'osservazione di disegni esecutivi dedotti da manuali storici ed elaborati di progetti esecutivi presentati durante l'esercitazione (fig. 10).

## Conclusioni

La preparazione universitaria dei progettisti e dei tecnici per l'edilizia è problema complesso, con soluzioni molto differenti e caratterizzate dai contesti culturali in cui dovranno operare; la coesistenza di corsi di ingegneria rivolti alle costruzioni e di architettura aumenta la necessità di definire con chiarezza un indirizzo didattico. Esprimere una sensibilità estetica per mezzo di equilibri strutturali, di esigenze funzionali, tecniche ed economiche – con linguaggi di per sé complessi e che hanno bisogno di cognizioni e competenze specifiche – è impresa ardua. Il passaggio più difficile e insieme più stimolante risiede nella necessità di raggiungere la sintesi tra l'armonia formale e le specifiche tecniche.
Lo studio dei migliori esempi deve essere concentrato sull'esame critico del linguaggio grafico associato alle soluzioni distributive e costruttive e sul rapporto di queste con l'aspetto formale, conseguenza delle necessità funzionali e statiche.
La padronanza del disegno per gli elementi costruttivi consente di colmare la distanza tra l'ideazione strutturale e la sua ipotetica messa in opera, attingendo anche alla verifica grafica e al dimensionamento di massima; l'esperienza del risultato atteso si sta progressivamente perdendo a favore di metodi di calcolo sostenuti dall'informatica, così attenuando la sensibilità dei futuri professionisti al riconoscimento in anticipo dell'errore.

Fig. 3. Stimoli per la realizzazione dell'esercitazione 1 vs elaborati prodotti dagli allievi.

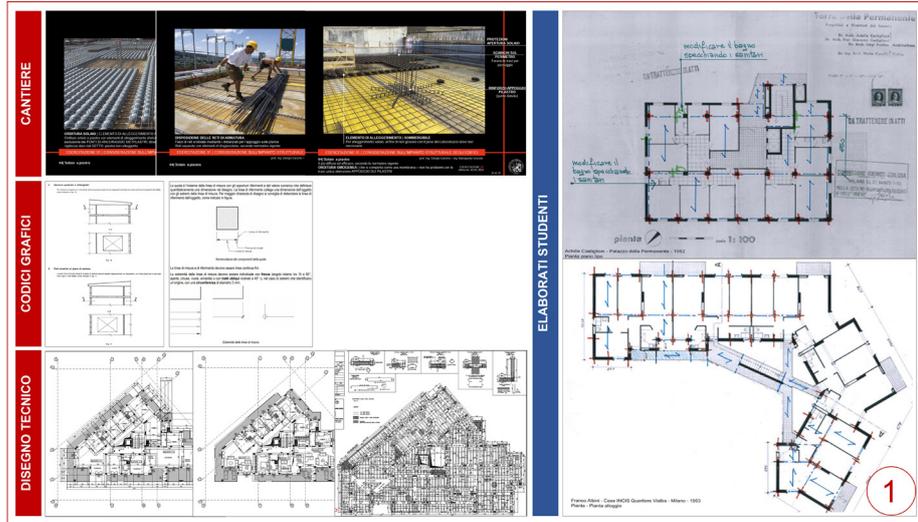



Fig. 4. Stimoli per la realizzazione dell'esercitazione 2 vs elaborati prodotti dagli allievi.

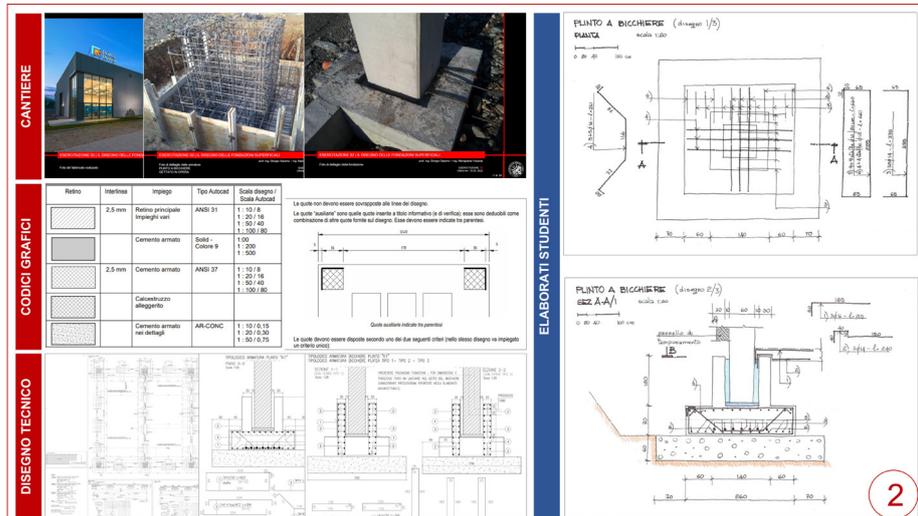



Fig. 5. Stimoli per la realizzazione dell'esercitazione 3 vs elaborati prodotti dagli allievi.

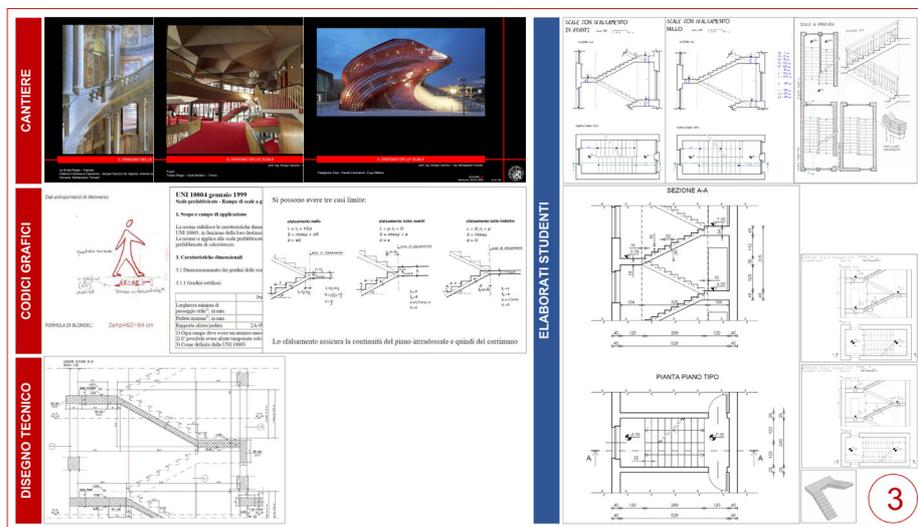



Fig. 6. Stimoli per la realizzazione dell'esercitazione 4 vs elaborati prodotti dagli allievi.

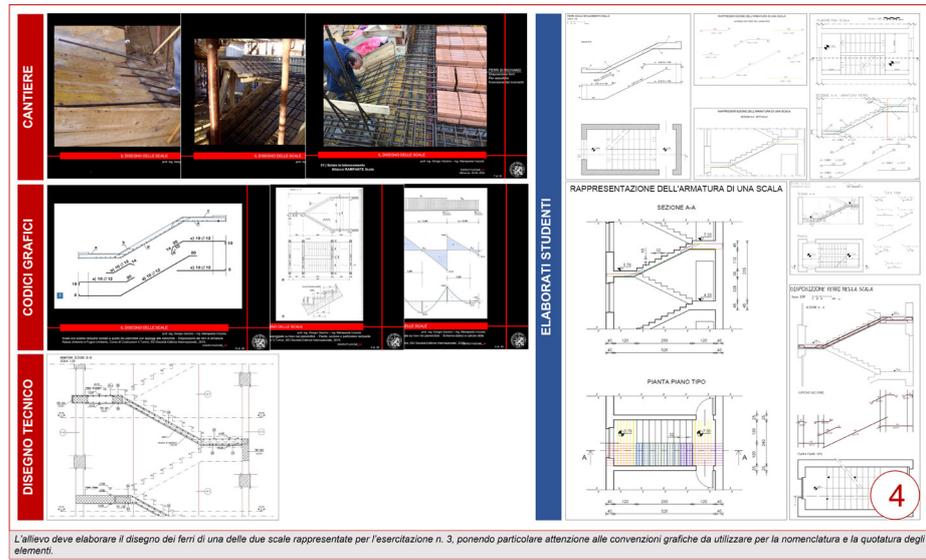



Fig. 7. Stimoli per la realizzazione dell'esercitazione 5 vs elaborati prodotti dagli allievi.

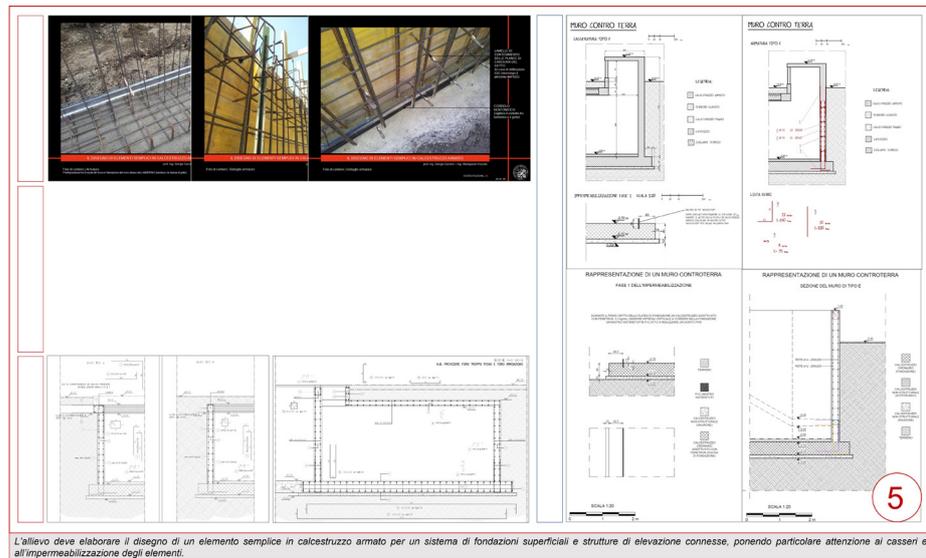



Fig. 8. Stimoli per la realizzazione dell'esercitazione 6 vs elaborati prodotti dagli allievi.

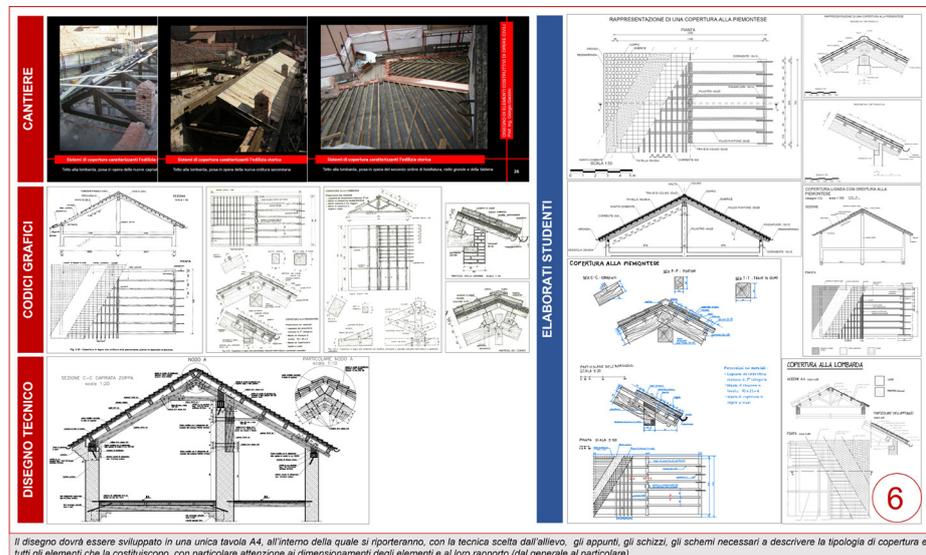
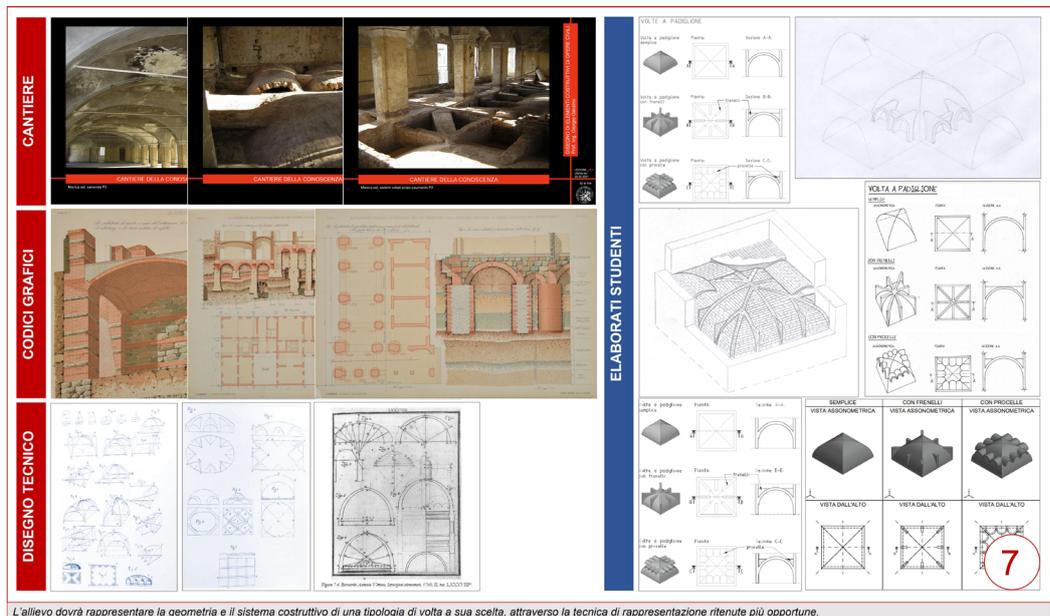



Fig. 9. Stimoli per la realizzazione dell'esercitazione 7 vs elaborati prodotti dagli allievi.

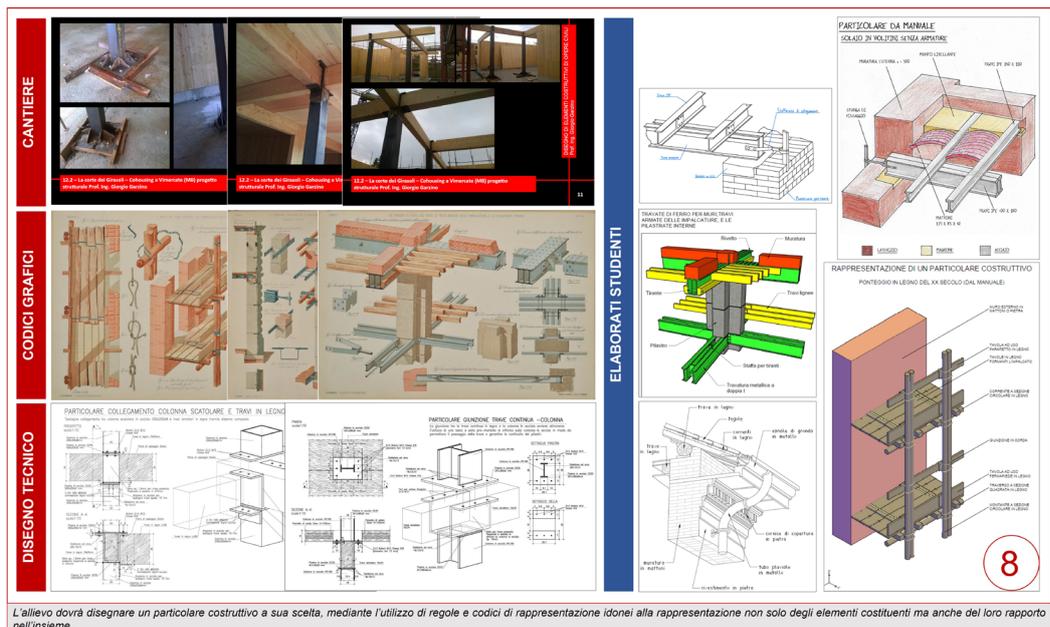



Fig. 10. Stimoli per la realizzazione dell'esercitazione 8 vs elaborati prodotti dagli allievi.

"La vera sostanza tecnico-statica della progettazione di un'opera (civile ed edile) consiste nella ideazione e nel proporzionamento approssimativo della sua struttura resistente; nella valutazione intuitiva di azioni disgregatrici, quali le impedite e disuniformi dilatazioni termiche, e i possibili irregolari cedimenti delle fondazioni; nella scelta dei materiali e dei sistemi costruttivi più adatti alle finalità dell'opera e alla località, e infine alla ricerca di un buon rendimento economico" [Nervi 1965, pag. 9].

Il carattere descrittivo e intuitivo del disegno sostiene la risoluzione dei problemi essenziali, che già pre-dimensionano completamente l'opera; insieme o solo successivamente si potranno e dovranno utilmente applicare le formule dedotte dagli sviluppi teorici della scienza e della tecnica delle costruzioni per una esatta determinazione delle sezioni resistenti.

Il facile accesso a potenti strumenti di calcolo favorisce la diffusione di sistemi di verifica analitica a scapito dell'analisi grafica e della intuizione, insomma di quelle sensibilità che gli insegnamenti dovrebbero contribuire a formare e ad allenare.

#### Crediti

'Introduzione' e 'Conclusioni' sono scritti da Maurizio Marco Bocconcino e Giorgio Garzino; 'Il disegno come linguaggio per il cantiere' e 'Il disegno degli elementi costruttivi come transizione tra rappresentazione del progetto e opera realizzata' sono scritti da Mariapaola Vozzola.


#### Ringraziamenti

Si ringraziano gli allievi ingegneri e architetti che hanno frequentato il corso di *Disegno di elementi costruttivi di opere civili* negli anni accademici 2019-2020, 2020-2021 e 2021-2022. Le tavole riportate nelle figure sono relative alle elaborazioni originarie degli studenti, prive di commenti e note di correzione apportate durante le esercitazioni.


#### Riferimenti bibliografici


Annunziata V. (2016). *Principi strutturali. L'Arte, la Scienza e la Tecnica comprensibili a tutti.* Palermo: Dario Flaccovio.

Barazzetta G. (a cura di) (2017). *Pier Luigi Nervi. Il modello come strumento di progetto e costruzione*. Macerata: Quodlibet.

Cimino V., Antonucci M. (2012). Pier Luigi Nervi e la scuola di Ingegneria e Architettura di Bologna. In *Ricerche e progetti per il territorio, la città e l'architettura*, n. 5, dicembre 2012, pp. 309-316. <https://in-bo.unibo.it/article/download/3492/2852/8866> (consultato il 6 febbraio 2023).

Garzino G. (2009). *Le energie sottili del disegno utile*. Milano: Maggioli.

Nervi P. (2010). *Costruire correttamente*. Milano: Hoepli.

Novello G. (2019). Programma dell'insegnamento 'Disegno di elementi costrutti per opere civili' Politecnico di Torino, A.A. 2021/2022.

Parrinelli M. G. (16 gennaio 2023). Pier Luigi Nervi, l'architetto ingegnere. <https://www.villegiardini.it/pier-luigi-nervi-architettura-innovativa/> (consultato il 6 febbraio 2023).

<https://arw-associates.com/portfolio/residenze-r4-r5/> (consultato il 6 febbraio 2023).



Autori
*Giorgio Garzino,* Politecnico di Torino, giorgio.garzino@polito.it
*Maurizio Marco Bocconcino*, Politecnico di Torino, maurizio.bocconcino@polito.it
*Mariapaola Vozzola*, Politecnico di Torino, mariapaola.vozzola@polito.it



*Per citare questo capitolo*: Garzino Giorgio, Bocconcino Maurizio Marco, Vozzola Mariapaola (2023). Didattica per il disegno degli elementi costruttivi di opere civili ed edili/Didactics for the Drawing of Constructive Elements of Civil and Building Works. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (a cura di). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers.* Milano: FrancoAngeli, pp. 1370-1387.



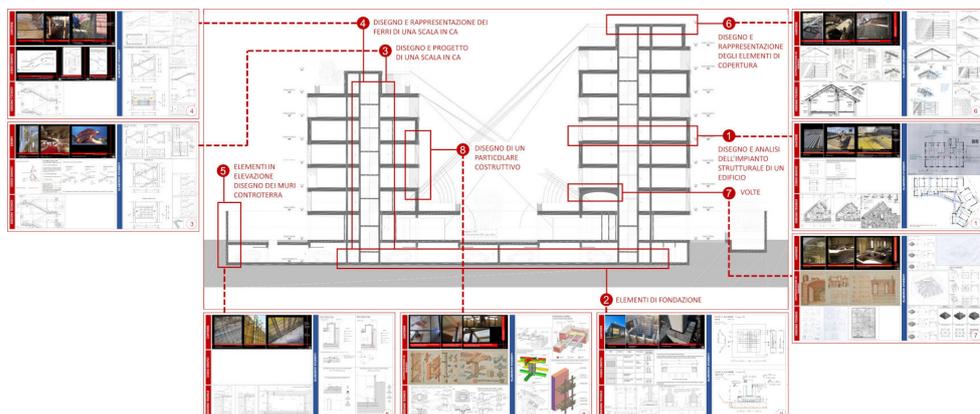

Isbn 9788835155119

# Didactics for the Drawing of Constructive Elements of Civil and Building Works

Giorgio Garzino
Maurizio Marco Bocconcino
Mariapaola Vozzola

*Abstract*

Drawing represents the main language that the construction site knows for communicating the project during all phases of construction and for collaboration among all the actors involved in the construction process. It is therefore essential to ensure within the course of study of engineers and architects an education that relates the complexity of building through the language of the disciplines of representation. This contribution articulates the topics addressed within the teaching *Drawing of Constructive Elements of Civil Works*, aimed at student engineers and architects in the last year of the bachelor's degree. Knowledge of construction systems is explored through a specialized course of instruction. Students measure themselves on topics pertaining to multidisciplinary fields through a methodological path that combines theoretical lectures, where realized works of particular engineering interest are presented, with practical exercises, aimed at developing the student's conscious intuition, and site surveys/visits, in order to connect all project data and visualize the works during the different phases of construction. Drawing, within this context, becomes a knowledge support that triggers transitions from prefiguration of artifacts and design communication to construction and commissioning of building systems.

*Keywords*
Drawing building elements, project design, graphic language, graphic codes, drawing education.

Student exercise workflow. Graphic elaboration by the authors.



doi.org/10.3280/oa-1016-c354

"The design imagination is powerless if it does not accord with the needs of technique, statics, economy, functionality, or if it is impaired by executive inadequacy, or nullified by the client's incomprehension"

[Pier Luigi Nervi 2010, p. 23]

## Introduction

'Building' is the compendium and expression of varied skills and competences; it brings together manual work with site organisation, technical and scientific theories with structural, functional and decorative sensitivity, social interests with environmental and economic interests. Critically reviewing the programmes and methods of university teaching in order to achieve a more efficient preparation of building designers and technicians [Nervi 1965, p. 1] is the constant practice of teachers in all disciplinary areas who particularly address students who are engineers and architects who will be involved in the field of construction.
The teaching of *Drawing Construction Elements of Civil Works* was planned by Professor Giuseppa Novello and proposed to the Civil Engineering faculty of the Politecnico di Torino, open to all Engineering and Architecture courses, entering the curriculum in the second teaching period of the 2019/2020 academic year, in the midst of a pandemic emergency and teaching held entirely at a distance. This initially limited the character of the teaching aimed at corroborating the graphic language of executive design with direct experiences of visits to construction sites and works for civil and building works. Until the Academic Year 2021/2022 it was lectured by Giorgio Garzino and Mariapaola Vozzola with Maurizio Marco Bocconcino for the exercises. Pina Novello's proposal to the college, which was subsequently adopted by the owner as the teaching programme, is reported: The main aim of the course is to provide students in the final year of the bachelor's degree course with an opportunity for a cognitive approach to the main construction systems, current and past, of buildings and civil works. The elements, recurring and inherent to the various fields of construction engineering are explored by following a didactic path of an innovative nature (lectures-visits to works-exercises) designed to connect and harmonise the various disciplinary and sector-specific instances, through the language of the disciplines of representation. The assumption is that the methodological knowledge proper to the training of the engineer-builder is reflected in the applicative and operative dimension of the realisations, through the comparative analysis of some alternative design solutions. The teaching aims to provide students with some knowledge and skills useful for understanding the theory-practice relationship that characterises engineering. It is intended to trigger a process of attention towards the complexity of construction and maintenance action. In this regard, the course intends to train students according to a broad approach where quantitative analytical knowledge is combined with qualitative analogical knowledge. All this with a view to the operativity of the building site, where representation has the task not only of prefiguring what the built object will be but also of indicating how to proceed in order to build it in terms of operational and detailed design. The themes are approached in terms of the analysis of graphic designs deduced from documentation produced for construction, with a focus as much on implementation and construction practices for new works as on maintenance and restoration work. Drawing, in its traditional and innovative practices, is proposed as a functional element to favour the articulated relationship between the engineering disciplines marked by an analytical and quantitative approach and the indispensable translation of the results of this process in terms of operative instructions also for the workers: knowing, knowing how to do, knowing how to collaborate.

## Drawing as a language for the building site

The activities proposed to the students represent a fusion of several disciplines, whose common denominator is drawing and representation, in their highest sense. The students measure themselves against themes about interdisciplinary fields, both architectural design (with particular attention to the relationship with the physical context, morphological and typological characteristics, materials and construction and technological aspects) and struc-

tural design, presented through the application of elementary structural principles, without the introduction of mathematical rules or scientific theorems, but represented and designed according to the functioning of the structures themselves. The topics covered are always presented with an emphasis on the design and representation of the constituent elements, rooted in the assumption that a correct representation can only be built based on a profound and complete mastery of the genesis and construction processes. The organisational structure of the course is aimed at integrating not only the knowledge proper to the cognitive context linked to the strict design sphere, systems but in order to correctly represent the contents of what can be defined as a construction project, therefore through the drawings of construction elements, the need for an additional formulation linked to the work scheduling activity is revealed, which consists in the knowledge of the typical operational phases of the works, which must be indicated, in an integrated manner, within the graphic elaborations and described within the project tables. Within this context, the scheduling of site visits and the presentation in class of detailed photographic reports on the various site phases is therefore fundamental (fig. 1). Drawings are the only language that the construction site practices [Garzino 2009, p. 65], it is therefore necessary for students in the Faculty of Engineering to be able to draw up papers that bring together all the knowledge of construction itself. For this reason, within the proposed knowledge path, alongside the theoretical lessons, practical exercises have been proposed to develop the ancient and Aristotelian concept of *tèchne*, as a practical and conceptual doing together. The theme of project design and consequently of building design is that of the poietic dimension, as the representation of what is possible to produce: from a productive point of view, it is, therefore, a matter of representing a concretely possible world that becomes visible through project design. From the presentation of projects realised by the great structural designers of the last century, including Pier Luigi Nervi, Riccardo Morandi, Sergio Musmeci and Silvano Zorzi, one of the main training objectives of today's designers is pursued, namely the strengthening of 'structural intuition'. Based on what Pier Luigi Nervi had already stated, conscious intuition follows a path of in-depth scientific-methodological-representational study, suitable for representing the complexity of the problem. The awareness derived from intuition must originate from the link between the history of architecture, as a source of knowledge and method, but also from the analysis and knowledge of known and characterising scientific data, which must be synthesised and hierarchised through the sensitivity of the professional, who combines simple analytical language with traditional graphic statics. One cannot avoid noticing, how today, easy access to digital simulation technologies and calculation and verification tools, has gained the upper hand at the expense of analysis and intuition, accelerating the fragmentation of

Fig. 1. Organizational structure of the course content. Graphic elaboration by the authors.

the conception and control phases of contemporary complex projects. The methodological approach is for this reason strongly application-oriented, according to an attitude aimed at promoting an active and participatory learning method, the use of flipped classrooms and peer debates become ways of organising and managing lessons. The organisation of the course is therefore developed through different articulations and different modes of student participation. The theoretical lectures guide the students within a structured path through the presentation of realised works of particular engineering interest, through the testimonies and drawings of their designers [Annunziata 2016], which become an exemplification of the structural and architectural principles applied, focusing on the communication of the project through its representation and executive design. The exercises, on the other hand, are proposed according to a principle of decomposition of the building organism and following a hierarchical structuring of its constituent elements, to allow the student to retrace an ideal process of realisation. Within the exercises, not all the architectural/structural components will be proposed, but due to organisational necessities linked to the timing of the course, the parts considered most significant and characterising have been selected. The artefacts are presented through a critical reading of the project drawings and an examination of the construction and realisation phases, to understand the actual link between the designed and realised construction elements (fig. 2). Through the presentation of case studies, on-site inspections, the reading of reference standards and project drawings or drawings taken from historical manuals, 9 exercises were developed: 8 exercises to be carried out and delivered during the course, on a bi-weekly basis, and a more structured exercise to be delivered as a final paper. For all the exercises proposed, the choice of representation technique to be used to represent the graphic works is left to the training and predispositions of the student: the use or non-use of digital techniques, whether innovative or consolidated, does not become an assessment tool, since one of the course objectives is to reaffirm the centrality of drawing as such, regardless of the techniques used. The exercises have the task of stimulating and training the ability to understand, and consequently to represent with exact procedures, every form of the element constituting the architectural artefact: drawing, as representation, is always the result of a process regulated by a level of graphic convention and governed by unambiguous and de-codifiable rules.

### The drawing of construction elements as a transition between design representation and realised work

The themes developed in the course, and are intended to propose a working method and approach to the problems. The proposed course aims to understand all the relationships between design and realised works, and in particular, between project design and architec-

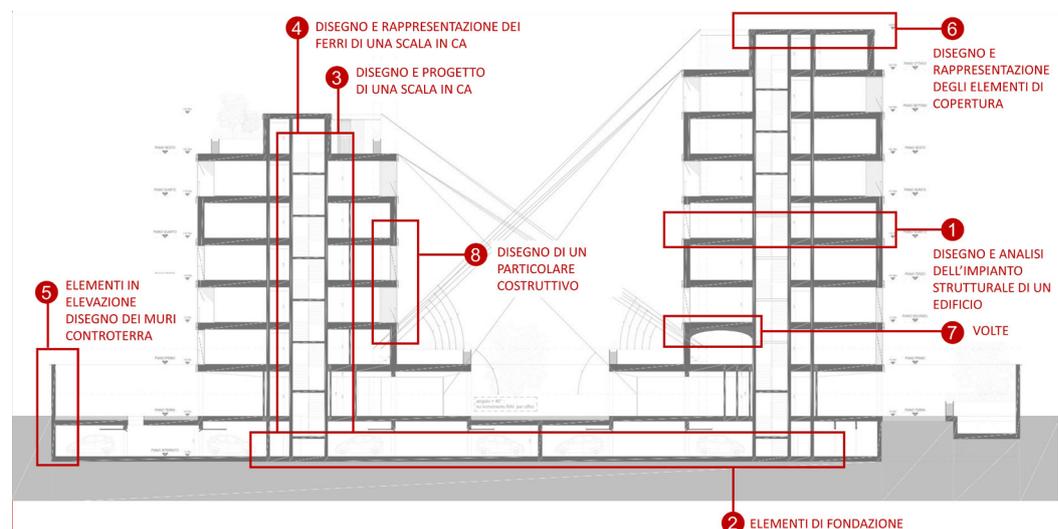



Fig. 2. Identification of exercise topics (<https://arw-associates.com/portfolio/residenze-r4-r5/>). Graphic elaboration by the authors.

ture, highlighting how the representation of the project "triggers transitions in the prefiguration and communication of the project" [UID 2023, Call].

- Drawing and analysis of the structural system of a building. The object of the exercise is the critical reading of the structural layout of some buildings and the representation of the structural scheme of the assigned floor plan by identifying and designating the main structural elements (fig. 3).
- Foundation elements: plinth drawing. The subject of the exercise is the analysis of working drawings of prefabricated foundation works and the representation of the characteristic connection elements between the structures to be built on-site and the prefabricated structures (fig. 4).
- Drawing and design of a staircase in ca. The subject of the exercise is the drawing of a staircase for public use, relating to an intermediate floor (fig. 5).
- Drawing and representation of the structure of a staircase in ca. The subject of the exercise is the drawing of the irons of a public use, relating to an intermediate floor (fig. 6).
- Elevation elements | the design of the retaining walls. The subject of the exercise is the drawing of a retaining wall, i.e., the study and representation of formwork for reinforced concrete works (fig. 7).
- Drawing and representation of the elements of a roof: *piemontese* and *lombarda* style roof. The aim of the exercise is to represent the elements that make up a traditional roof, with the student being able to choose between a *piemontese* and *lombarda* style roof (fig. 8).
- Vaults. The subject of the exercise stems from the observation of different types of vaulted building systems: through the reading of manuals, site images and site inspections (fig. 9).
- Drawing of a construction detail from a historical handbook. The aim of the exercise is to represent a construction detail from the analysis and observation of working drawings deduced from historical manuals and working drawings of construction projects presented during the lecture (fig. 10).

We can affirm that knowledge of the contents of drawing, architectural design and structural design of building elements must always be present as one of the indispensable sources for the definition of designers' training paths. In this context, we cannot give up creating a relationship between the growing demand for multifaceted professional figures, capable of responding effectively to interdisciplinary issues, and our didactics.

## Conclusions

The university preparation of building designers and technicians is a complex problem, with very different solutions and characterised by the cultural contexts in which they will have to operate; the coexistence of engineering courses aimed at construction and architecture increases the need to clearly define a didactic direction. Expressing an aesthetic sensitivity through structural balances, functional, technical and economic requirements – with languages that are in themselves complex and require specific knowledge and skills – is a difficult undertaking. The most difficult and at the same time most challenging step lies in the need to achieve a synthesis between formal harmony and technical specifications. The study of the best examples must be focused on the critical examination of the graphic language associated with distributional and constructive solutions and the relationship of these to the formal aspect, a consequence of functional and static requirements. Mastery of drawing for construction elements allows one to bridge the gap between the structural conception and its hypothetical implementation, also drawing on graphical verification and rough dimensioning; the experience of the expected result is progressively being lost in favour of calculation methods supported by information technology, thus attenuating the sensitivity of future professionals to the recognition of error in advance. The true technical and static

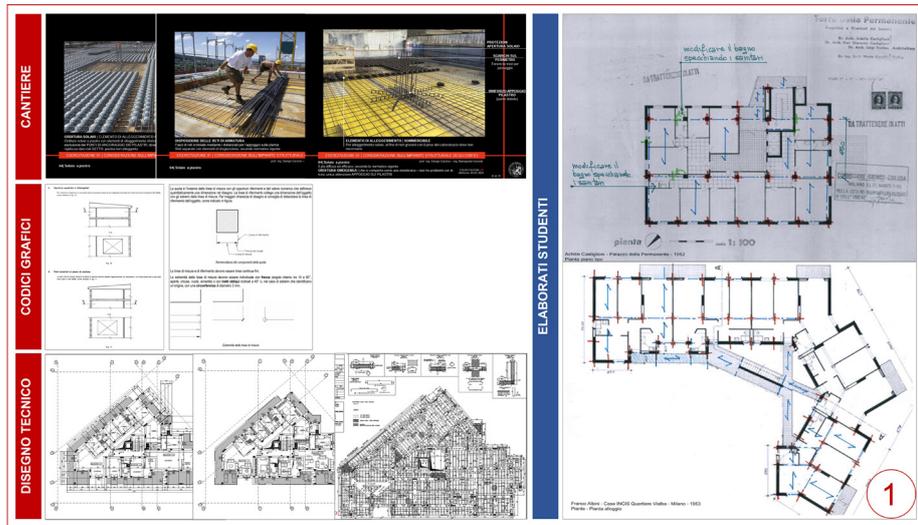



Fig. 3. Suggestions for the exercise 1 vs student drawings.

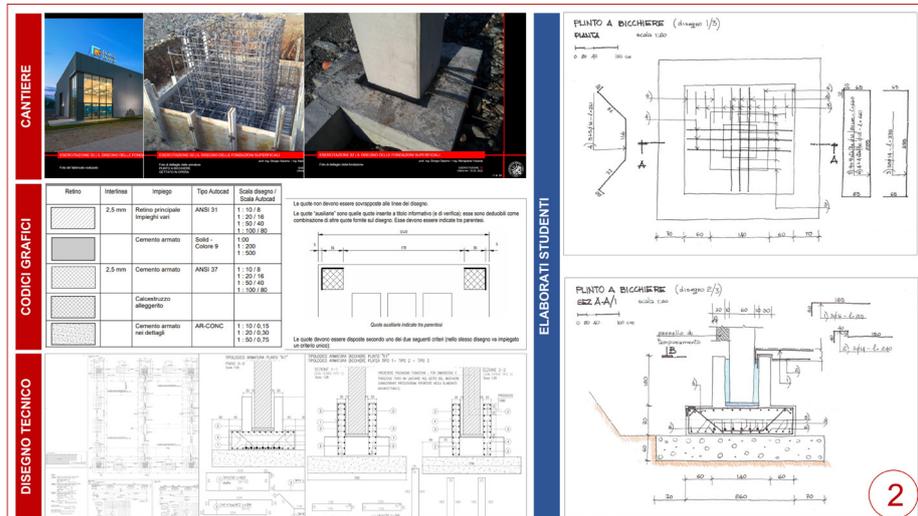



Fig. 4. Suggestions for the exercise 2 vs student drawings.

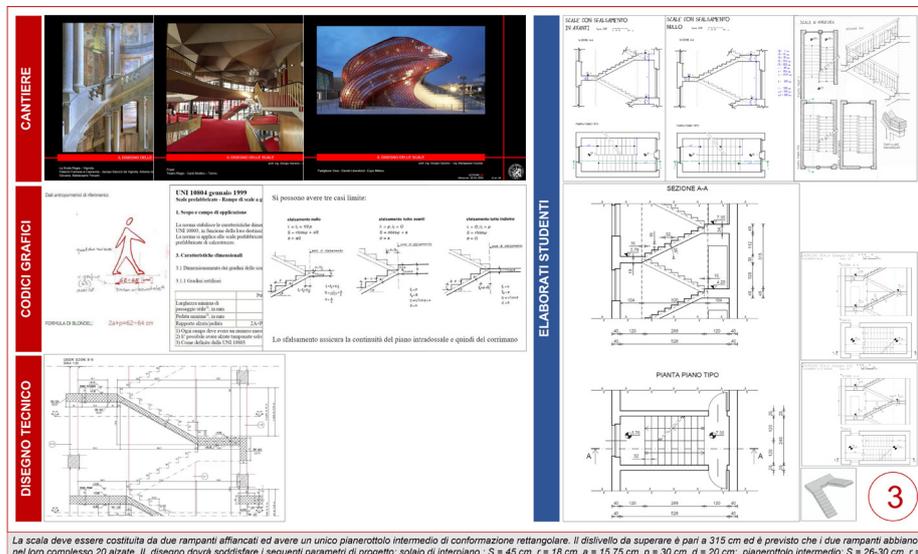



Fig. 5. Suggestions for the exercise 3 vs student drawings.

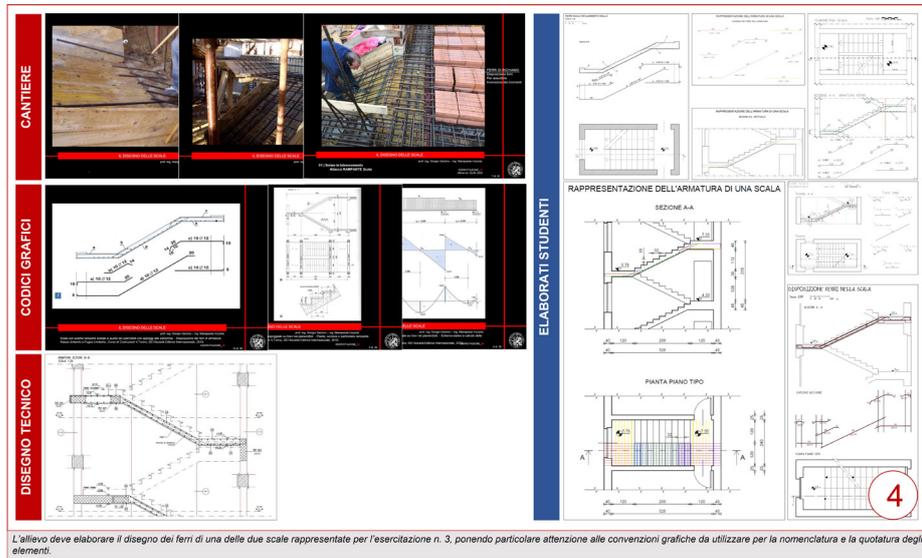



Fig. 6. Suggestions for the exercise 4 vs student drawings.

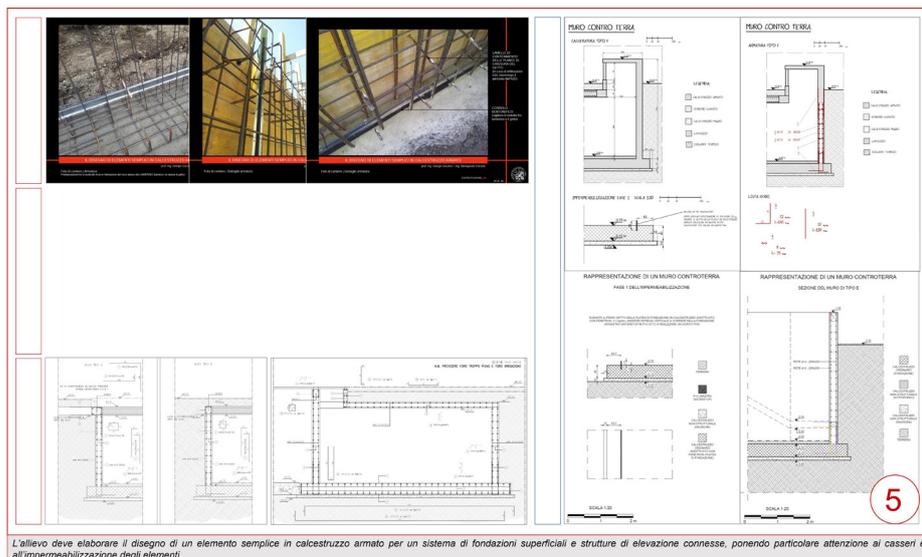



Fig. 7. Suggestions for the exercise 5 vs student drawings.

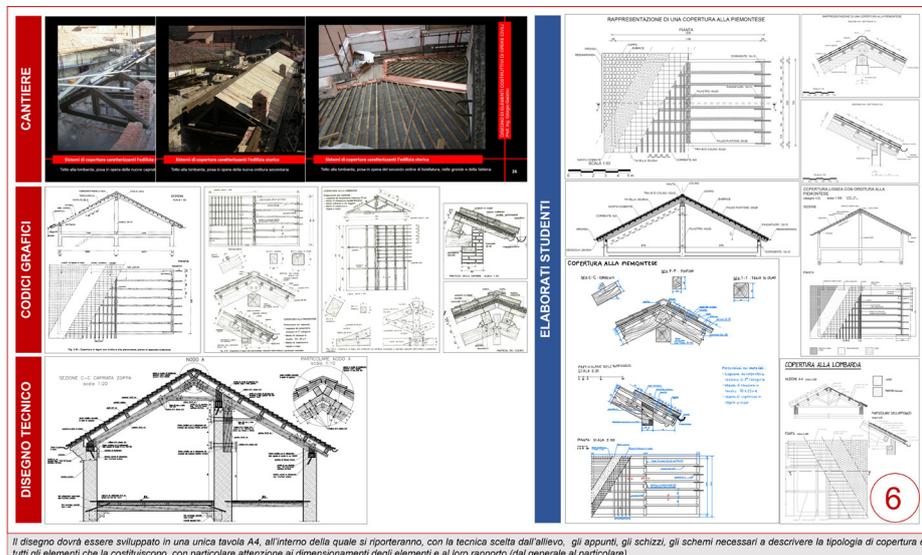



Fig. 8. Suggestions for the exercise 6 vs student drawings.

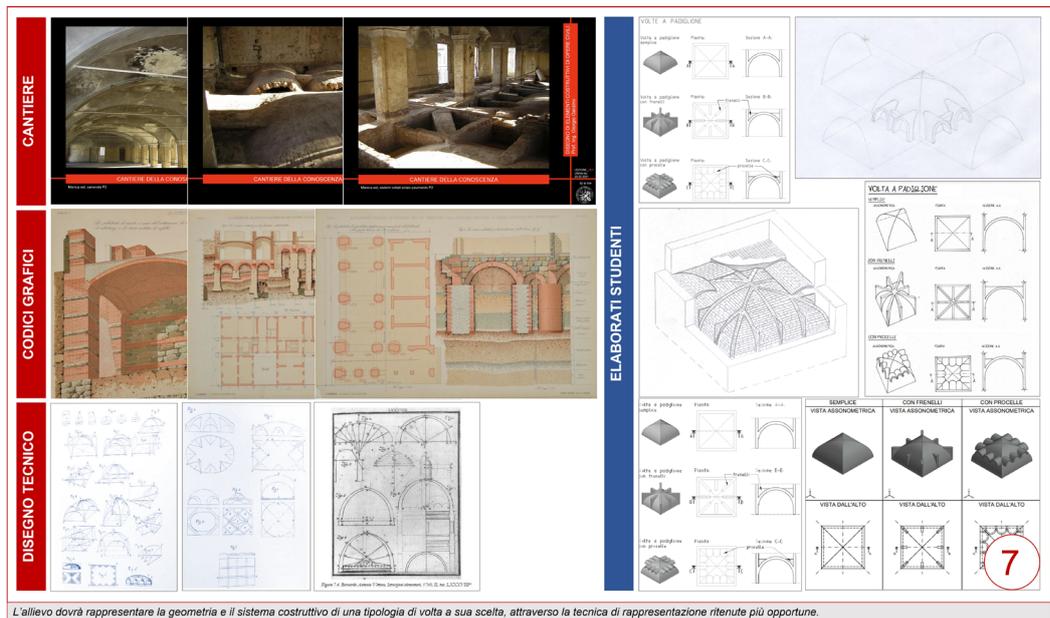



Fig. 9. Suggestions for the exercise 7 vs student drawings.

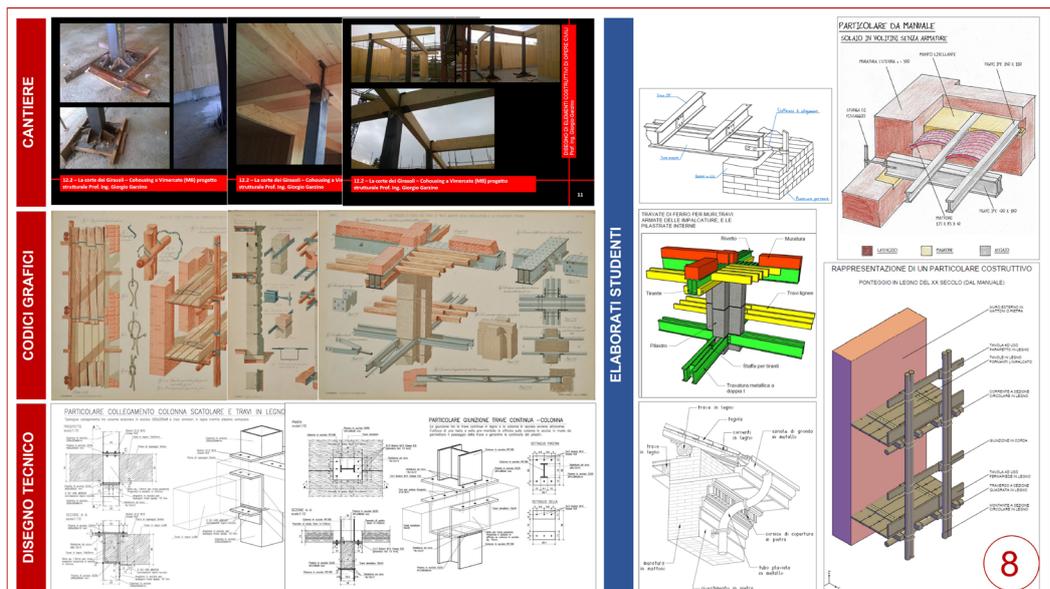



Fig. 10. Suggestions for the exercise 8 vs student drawings.

substance of the design of a work [civil and construction] consists in the conception and approximate proportioning of its resistant structure; in the intuitive evaluation of disruptive actions, such as impeded and uneven thermal expansion, and possible irregular foundation failures; in the choice of materials and construction systems best suited to the purpose of the work and the location, and finally in the search for a good economic yield [Nervi 1965, p. 9].The descriptive and intuitive character of the drawing supports the resolution of the essential problems, which already completely pre-dimension the work; together with or only later on, the formulas deduced from theoretical developments in construction science and technology can and should be usefully applied for an exact determination of the resistant sections. Easy access to powerful calculation tools favours the spread of analytical verification systems to the detriment of graphical analysis and intuition, in short, of those sensibilities that teaching should contribute to forming and training.

## Credits

'Introduction' and 'Conclusions' are written by Maurizio Marco Bocconcino e Giorgio Garzino; 'Drawing as a language for the building site' and 'The drawing of construction elements as a transition between design representation and realised work' are written by Mariapaola Vozzola.

## Acknowledgements

We would like to thank the student engineers and architects who attended the course in *Drawing Construction Elements of Civil Works* during the academic years 2019-2020, 2020-2021 and 2021-2022. The tables shown in the figures relate to the students' original elaborations, without comments and correction notes made during the lectures.

## References

Annunziata V. (2016). *Principi strutturali. L'Arte, la Scienza e la Tecnica comprensibili a tutti.* Palermo: Dario Flaccovio.

Barazzetta G. (Ed.) (2017). *Pier Luigi Nervi. Il modello come strumento di progetto e costruzione*. Macerata: Quodlibet.

Cimino V., Antonucci M. (2012). Pier Luigi Nervi e la scuola di Ingegneria e Architettura di Bologna. In *Ricerche e progetti per il territorio, la città e l'architettura*, No. 5, December 2012, pp. 309-316. <https://in-bo.unibo.it/article/download/3492/2852/8866> (accessed 6 February 2023).

Garzino G. (2009). *Le energie sottili del disegno utile*. Milano: Maggioli.

Nervi P. (2010). *Costruire correttamente*. Milano: Hoepli.

Novello G. (2019). Programma dell'insegnamento 'Disegno di elementi costrutti per opere civili' Politecnico di Torino, A.Y. 2021/2022.

Parrinelli M. G. (16 January 2023). Pier Luigi Nervi, l'architetto ingegnere. <https://www.villegiardini.it/pier-luigi-nervi-architettura-innovativa/> (accessed 6 February 2023).

<https://arw-associates.com/portfolio/residenze-r4-r5/> (accessed 6 February 2023).

Authors
*Giorgio Garzino,* Politecnico di Torino, giorgio.garzino@polito.it
*Maurizio Marco Bocconcino*, Politecnico di Torino, maurizio.bocconcino@polito.it
*Mariapaola Vozzola*, Politecnico di Torino, mariapaola.vozzola@polito.it

*To cite this chapter*: Garzino Giorgio, Bocconcino Maurizio Marco, Vozzola Mariapaola (2023). Didattica per il disegno degli elementi costruttivi di opere civili ed edili/Didactics for the Drawing of Constructive Elements of Civil and Building Works. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (eds.). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1370-1387.


Isbn 9788835155119